

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002369576
PUBLICATION DATE : 20-12-02

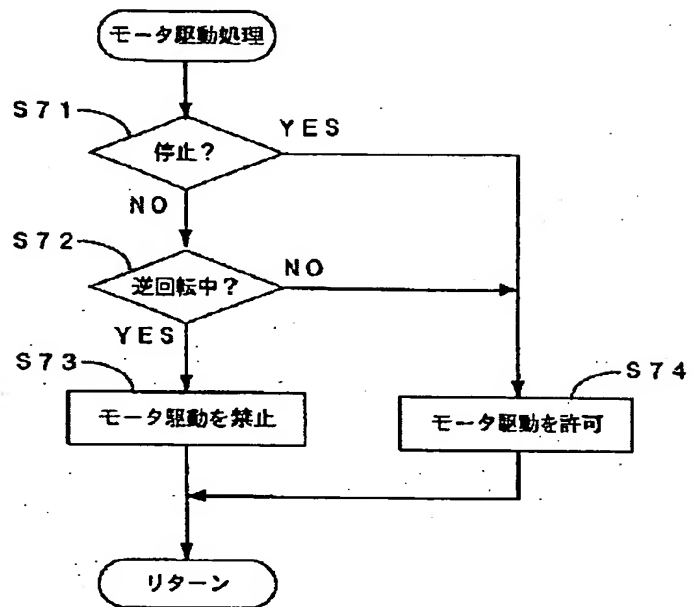
APPLICATION DATE : 01-06-01
APPLICATION NUMBER : 2001166682

APPLICANT : NIPPON DENSAN CORP;

INVENTOR : HARA YASOHACHI;

INT.CL. : H02P 6/22 H02P 6/16 H02P 6/20 //
B62D 5/04

TITLE : MOTOR CONTROLLER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a motor controller which can avoid demagnetization of a permanent magnet, even if a rotor rotates in a reverse direction beforehand, when a permanent magnet DC brushless motor is started.

SOLUTION: A control unit decides a rotation direction of a rotor according to a change of a position detection signal from a Hall sensor attached to a motor. When the motor is driven by manipulation from the outside, if a rotor is in a stationary state (S71) or a present rotation direction is same as the driving direction (S72), the control unit permits the motor drive and outputs ON control signals by which prescribed transistors are turned on (S73), and a drive current is supplied to a winding. If the present rotation direction is opposite to the driving direction, however, the motor drive is prohibited and all the transistors are cut off (S74). With such a constitution, the rotation direction and the drive direction will not be opposite to each other, so that demagnetization of a permanent magnet can be avoided.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-369576

(P2002-369576A)

(43) 公開日 平成14年12月20日 (2002.12.20)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テームト* (参考) | |
|---------------------------|------|---------|------------|-----------|
| H 0 2 P | 6/22 | B 6 2 D | 5/04 | 3 D 0 3 3 |
| | 6/16 | H 0 2 P | 6/02 | 3 7 1 M |
| | 6/20 | | | 3 7 1 K |
| // B 6 2 D | 5/04 | | | 3 7 1 N |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-166682 (P2001-166682)

(22) 出願日 平成13年6月1日 (2001.6.1)

(71) 出願人 000232302

日本電産株式会社

京都市右京区西京極堤外町10番地

(72) 発明者 小林 大祐

滋賀県愛知郡愛知川町中宿248 日本電産株式会社滋賀技術開発センター内

(72) 発明者 潘 慧敏

滋賀県愛知郡愛知川町中宿248 日本電産株式会社滋賀技術開発センター内

(74) 代理人 100105980

弁理士 梁瀬 右司 (外1名)

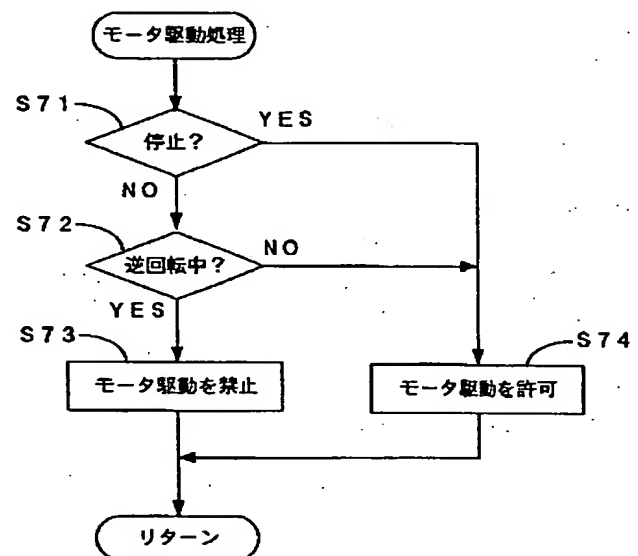
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石型直流ブラシレスモータを起動するときに、回転子が予め逆方向に回転していたとしても、永久磁石の減磁が発生しないモータ制御装置を提供する。

【解決手段】 制御ユニットは、モータに設けられたホールセンサからの位置検出信号の変化に基づいて回転子の回転方向を判定している。そして、外部からの操作に応じてモータを駆動するに際し、回転子が停止状態 (S71) あるいは現在の回転方向が上記駆動方向と同じ (S72) であれば、制御ユニットがモータ駆動を許可して所定のトランジスタをオンさせるオン制御信号を出力し (S73)、巻線に駆動電流が供給される。一方、現在の回転方向が逆方向であれば、モータ駆動を禁止して全てのトランジスタをカットオフさせており (S74)、回転方向と駆動方向が反対となることがないので永久磁石の減磁は発生しない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 制御部の制御信号により、モータ駆動部を構成する複数のスイッチング素子をスイッチングし、永久磁石型直流ブラシレスモータの巻線への通電路を開閉制御して前記直流ブラシレスモータに駆動電流を出力するモータ制御装置において、

前記直流ブラシレスモータの回転子の位置を検出して多相の位置検出信号を出力する位置検出部と、

少なくとも前記回転子の回転方向を設定する設定部とを備え、

前記制御部が、前記位置検出部より出力される前記位置検出信号に基づいて前記回転子の実際の回転方向を判定し、判定した前記回転子の実際の回転方向と前記設定部により設定された設定回転方向とが反対であると判断したときに、前記モータ駆動部による前記駆動電流の出力を禁止制御することを特徴とするモータ制御装置。

【請求項2】 前記制御部が、前記モータ駆動部による前記駆動電流の出力を禁止制御した後に、前記回転子の停止を判断して前記回転子を前記設定部により設定された回転方向に回転させるべく前記モータ駆動部を制御することを特徴とする請求項1に記載のモータ制御装置。

【請求項3】 前記回転子が前記設定部による設定回転方向と反対に回転している状態から前記回転子が自然停止するまでに要する時間と、前記回転子の回転速度によって定まる前記位置検出信号の時間間隔とに基づいて、前記回転子が自然に減速する過程における前記位置検出信号の基準時間間隔を予め導出しておき、前記制御部が、前記モータ駆動部による前記駆動電流の出力を禁止制御した後に、前記位置検出信号が前記基準時間間隔にわたって変化しないと判断した時に前記回転子が停止したと判断することを特徴とする請求項2に記載のモータ制御装置。

【請求項4】 前記基準時間間隔が、異なる出力特性の直流ブラシレスモータ毎に予め導出され格納部に格納されていることを特徴とする請求項3に記載のモータ制御装置。

【請求項5】 前記制御部が、前記回転子の停止と判断した後、前記回転子を前記設定部による設定回転方向に回転させるべく前記モータ駆動部を制御することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載のモータ制御装置。

【請求項6】 前記制御部が、前記位置検出信号に基づいて判定した前記回転子の実際の回転方向が前記設定部による設定回転方向と同じであるときには、前記回転子をその設定回転方向に回転させるべく前記モータ駆動部を制御することを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載のモータ制御装置。

【請求項7】 前記設定部が、外部操作に応じて前記回転子の回転方向を正、逆に設定することを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載のモータ制御装置。

【請求項8】 前記直流ブラシレスモータが、車両に搭載されるパワーステアリング用の油圧ポンプを駆動し油圧シリンダを介してアシストトルクを発生し、前記設定部が、運転者によるステアリング操作に応じて前記油圧シリンダによるアシスト方向を設定することを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数のスイッチング素子をスイッチングし、直流ブラシレスモータの巻線への通電路を開閉制御して駆動電流を出力するモータ制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】直流ブラシレスモータは、起動時の発生トルクが大きい、ノイズの発生が少ない、急激な加減速が可能であるなどの理由から、制御用モータとして広く用いられている。そして、その駆動にはインバータ装置を使用し、ホールセンサ等により回転子の位置を検出してそのスイッチング制御を行うのが一般的である。

【0003】このようなモータ装置の例は、例えば、見城 尚志、永守 重信：新・ブラシレスモータ、総合電子出版社、2000（平成12）年、12-25頁に示されている。このモータ装置は、三相の巻線を有する永久磁石型直流ブラシレスモータを三相インバータで駆動するモータ装置である。

【0004】このモータ装置では、回転子の位置を検出して三相の位置信号を発生する、例えばホール素子を用いた3個の位置センサが設けられている。そして、インバータを構成する各スイッチング素子が、この位置信号の組み合わせに応じて予め定められた組み合わせでオン、オフすることでモータへの駆動電流が流れてトルクが発生し、回転子が回転する。さらに、回転子の回転に伴う位置信号の組み合わせの変化に応じてスイッチング素子のオン、オフの組み合わせを順次変更することで各巻線に連続的に駆動電流が流れ、回転子に対して連続的にトルクを発生させて回転を継続することができる。

【0005】また、現在の位置信号の組み合わせに対して、スイッチング素子のオン、オフの組み合わせを適宜変更することで、正・逆いずれの方向へも回転子を回転させることが可能である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術においては、現在のホール信号の組み合わせと、回転子を回転させようとする方向とによってインバータを構成する各スイッチング素子のオン、オフを決定している。しかしながら、モータをある方向に回転させようとしたときに、回転子およびモータ負荷の慣性や、回転子に対する外部からの回転力の作用等の原因によって、予め回転子が上記回転させようとする方向とは反対の方向に回転し

ている場合がある。

【0007】このような場合、現在のホール信号の組み合わせと所望する回転方向とのみに基づいて各スイッチング素子のオン、オフを決定し、このオン、オフ動作によって各巻線への通電を行うと、実際に回転子が回転している方向と、巻線に電圧を加えて回転させようとしている方向とが反対になる。この間、巻線に印加される電圧と巻線に誘起する逆起電力とが同じ方向になるので、これらを加算した電圧が巻線に印加されることとなり、その結果、巻線には大きな電流が流れる。そして、この電流により発生した強い磁束が回転子の永久磁石をその着磁方向に逆らって貫くことによって永久磁石の減磁が起り、モータの性能が低下するという問題がある。

【0008】この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、永久磁石型直流ブラシレスモータを起動するときに、回転子が予め逆方向に回転していたとしても永久磁石の減磁が発生しないモータ制御装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、上記目的を達成するため、直流ブラシレスモータの回転子の位置を検出して多相の位置検出信号を出力する位置検出部と、少なくとも前記回転子の回転方向を設定する設定部とを備え、制御部が、前記位置検出部より出力される前記位置検出信号に基づいて前記回転子の実際の回転方向を判定し、判定した前記回転子の実際の回転方向と前記設定部により設定された設定回転方向とが反対であると判断したときに、モータ駆動部による駆動電流の出力を禁止制御することを特徴としている。

【0010】このように構成された発明では、制御部は位置検出信号に基づいて回転子の回転方向を判定しており、そして、制御部が、設定部により設定された回転方向が実際の回転方向と反対であると判断すれば、モータ駆動部による駆動電流の出力を禁止する。そのため、回転子の回転によって逆起電力が誘起している巻線に対して、同じ方向の電圧をさらに印加することがないので、巻線に過大な電流が流れることによって起こる永久磁石の減磁を防止することができる。

【0011】また、請求項2に記載の発明は、前記制御部が、前記モータ駆動部による前記駆動電流の出力を禁止制御した後に、前記回転子の停止を判断して前記回転子を前記設定部により設定された回転方向に回転させるべく前記モータ駆動部を制御することを特徴としている。

【0012】このように構成された発明では、回転子の実際の回転方向が設定回転方向と反対であるとき、モータへの駆動電流の供給を停止しているので、モータは次第に減速し、やがて停止する。そして、制御部は、回転子の停止を判断した後に設定回転方向へのモータの駆動を開始しているので、永久磁石の減磁を防止しつつ、モ

ータの回転方向を確実に反転させることができる。

【0013】また、請求項3に記載の発明は、前記回転子が前記設定部による設定回転方向と反対に回転している状態から自然停止するまでに要する時間と、前記回転子の回転速度によって定まる前記位置検出信号の時間間隔とに基づいて、前記回転子が自然に減速する過程における前記位置検出信号の基準時間間隔を予め導出しておき、前記制御部が、前記モータ駆動部による前記駆動電流の出力を禁止制御した後に、前記位置検出信号が前記基準時間間隔にわたって変化しないと判断した時に前記回転子が停止したと判断することを特徴としている。

【0014】このように構成された発明では、駆動電流が停止された回転子が減速するにつれて位置検出信号が変化する時間間隔は増大するが、それに伴って、回転子が停止するまでの時間は短くなってゆく。そして、この時間間隔がある値に達したとき、回転子が停止するまでの時間がゼロとなる。すなわち、この時間間隔以上にわたって位置検出信号が変化しないとき、回転子は停止したと判定することができる。そこで、この時間間隔を予め求めて基準時間間隔とし、位置検出信号の変化の時間間隔を計測してその値がこの基準時間間隔となった時をもって停止とすることで、回転子の停止を確実にかつ最短の時間で判定することができる。

【0015】また、請求項4に記載の発明は、前記基準時間間隔が、異なる出力特性の直流ブラシレスモータ毎に予め導出され格納部に格納されていることを特徴としている。

【0016】このように構成された発明では、特性の異なる複数のモータについて前記基準時間間隔が導出されて装置内部の格納部に格納されている。そのため、この基準時間間隔を制御対象となるモータに応じて選択し使用することで、同一の制御装置を用いて特性の異なる複数のモータを制御することができる。その結果、モータ毎に調製した制御装置を用いる必要がなく、装置の量産効率を高めてコストを低減することができる。

【0017】また、請求項5に記載の発明は、前記制御部が、前記回転子の停止と判断した後、前記回転子を前記設定部による設定回転方向に回転させるべく前記モータ駆動部を制御することを特徴としている。

【0018】このように構成された発明では、回転子が予め停止している（したがってこのとき、駆動電流による減磁のおそれがない）状態で回転方向が設定されたとき、制御部が直ちに設定回転方向への駆動制御を行うので、速やかにモータを起動することができる。

【0019】また、請求項6に記載の発明は、前記制御部が、前記位置検出信号に基づいて判定した前記回転子の実際の回転方向が前記設定部による設定回転方向と同じであるときには、前記回転子をその設定回転方向に回転させるべく前記モータ駆動部を制御することを特徴としている。

【0020】このように構成された発明では、回転方向が設定された時に回転子が回転していたとしても、その回転方向が設定回転方向と同じであれば駆動電流による減磁のおそれがないことから、制御部は直ちに設定回転方向への駆動制御を行う。そのため、モータの運転制御を遅滞なく、継続して行うことができる。

【0021】また、請求項7に記載の発明は、前記設定部が、外部操作に応じて前記回転子の回転方向を正、逆に設定することを特徴としている。

【0022】このように構成された発明では、設定部により正、逆いずれかの方向に回転方向が設定されたとき、制御部は回転子の回転状態に応じた処理を適宜実行するので、回転方向を設定する外部操作がモータがどのような回転状態にあるときに行われても、永久磁石の減磁や起動の遅れなどの問題を生じることなく、的確なモータ制御を行うことができる。

【0023】また、請求項8に記載の発明は、前記直流ブラシレスモータが、車両に搭載されるパワーステアリング用の油圧ポンプを駆動し油圧シリンダを介してアシストトルクを発生し、前記設定部が、運転者によるステアリング操作に応じて前記油圧シリンダによるアシスト方向を設定することを特徴としている。

【0024】このように構成された発明では、油圧ポンプおよびそれによって制御される油流という慣性の大きな負荷に接続されて使用されるパワーステアリング用モータにおける、反転時の永久磁石の減磁による性能劣化を防止して、モータの耐久性を向上させることができる。

【0025】また、この発明は、例えばパワーウィンドウ用モータ、ドアミラー用モータなど、パワーステアリング機構以外の車載用モータ装置や、車載用以外のモータ装置にも適用可能であるが、上述のパワーステアリング用モータのような、慣性の大きい負荷に接続されるモータに対して特に好適である。

【0026】さらに、この発明は、正、逆両方向に回転駆動されるモータ装置のみでなく、その駆動される方向は一定であっても、回転子および負荷に対して外部から逆向きの回転力が作用することによって回転子が逆回転する可能性のある用途に用いられるモータ装置に対しても適用が可能である。

【0027】

【発明の実施の形態】この発明にかかるモータ制御装置を、自動車の電動油圧式パワーステアリング装置に適用した場合の一実施形態について、図1ないし図7を参照しつつ説明する。

【0028】図1は、この実施形態のモータ装置の構成を示す結線図であり、図1に示すように、このモータ装置は、三相の巻線を有する永久磁石型直流ブラシレスモータ（以下、単にモータと称する）40と、バッテリー30と、モータ40とバッテリー30との間に介挿されてモ

ータ40の巻線への駆動電流を出力するインバータ10と、インバータ10を構成するスイッチング素子のオン、オフを制御する制御ユニット50とで構成されている。

【0029】このモータ40は、油圧ポンプ（図示せず）と一体化されており、モータ40の回転軸がこの油圧ポンプを駆動して油流を発生させている。そして、図示しないバルブの開閉によって、図示しないステアリングギアボックスに設けられた油圧シリンダに所定の方向の油流を導入することによって、ステアリング操作を軽くするアシスト推力を発生させている。

【0030】このモータ装置では、モータ40の駆動方向は一方方向であるが、その負荷となる油流の状態によっては、モータ40を駆動しないときであっても、油流の作用によって回転子が回転していることがある。そしてその回転方向が上記駆動方向と反対となる場合がある。このような場合、前述したように、モータ40に逆方向の駆動電流を流すことによって永久磁石の減磁が発生する。

【0031】このモータ装置において、モータ40の固定子には、本発明の位置検出部として三相の位置検出信号を出力する3個のホールセンサ41、42および43が、回転子の中心軸を中心として、40°の間隔を持って放射状に配設されている。そして、この3個のホールセンサ41、42および43が、回転子の磁極の位置に応じてHまたはLレベルの位置検出信号Hu、Hv、Hwを出力する。

【0032】また、インバータ10は、本発明にいうモータ駆動部に相当し、制御ユニット50からのスイッチング制御信号SG1～SG6にしたがってバッテリー30とモータ40の各巻線との間の通電路を開閉制御するスイッチング素子としてのトランジスタ11～16と、各巻線に発生する逆起電力からトランジスタ11～16を保護するとともに、モータ40が発電機動作をするときに各巻線の発電電力をバッテリー30に還流するフライホイールダイオード21～26とで構成されている。

【0033】さらに、制御ユニット50には、運転者が操作するステアリングハンドル（図示せず）の回転軸に設けられたステアリングセンサ51が接続されており、運転者がステアリングハンドルを操作すると、ステアリングセンサ51はその回転角度に応じたステアリング操作信号を出力する。そして、制御ユニット50は、ステアリングセンサ51から出力されるステアリング操作信号に基づいて、アシスト推力を発生させるためのバルブの開閉およびモータ40の駆動/停止を決定し、ホールセンサ41、42および43から出力される位置検出信号Hu、HvおよびHwに基づいて、所定のタイミングでトランジスタ11～16をオン、オフするためのスイッチング制御信号SG1～SG6を出力する。

【0034】また、制御ユニット50は、位置検出信号

Hu、Hv、Hwに基づいて検出される回転子の実際の回転方向が駆動方向と異なるときに、全てのトランジスタ11～16をオフするためのスイッチング制御信号SG1～SG6を出力する。さらに、制御ユニット50は、全てのトランジスタ11～16のオフによりモータ40が停止したと判断すると、直ちにモータ40を駆動開始すべく所定のトランジスタにオン制御信号を出力する。このように、この実施形態では、制御ユニット50が本発明の設定部および制御部として機能している。

【0035】次に、この実施形態のモータ装置の動作について、図2ないし図5を参照しつつ説明する。図2は、位置検出信号Hu、Hv、Hwの組み合わせと各トランジスタをオン、オフさせるスイッチング制御信号SG1～SG6の組み合わせとの対応を示す真理値表であり、図3は位置検出信号Hu、Hv、Hw、スイッチング制御信号SG1～SG6および駆動電流の変化を示すタイミングチャートである。また、図4は、この実施形態における制御ユニットの動作を示すフローチャートであり、図5は、モータ駆動処理時の動作を示すフローチャートである。

【0036】ここでは、各ホールセンサ41～43からの位置検出信号の組み合わせが図3に示すようにHu、Hv、Hwの順序で変化するような回転方向を正方向、これとは反対の方向を逆方向と定義する。このとき、図2の真理値表に示す位置検出信号Hu、Hv、Hwの組み合わせが、上列から下列へ移行する方向が正方向、下列から上列へ移行する方向が逆方向に相当する。そして、制御ユニット50によって設定されるモータ40の駆動方向は、上記正方向であるとする。

【0037】この実施形態では、制御ユニット50は、図4のフローチャートに示すS1ないしS11の処理ステップを各処理サイクル毎に実行して、ホールセンサ41、42および43から出力される位置検出信号Hu、Hv、Hwを検出し、回転子の回転方向を判定している。

【0038】まず、制御ユニット50は、ホールセンサ41、42および43から出力される現在の位置検出信号Hu、Hv、Hwを検出し、その組み合わせ（以下、現パターンと称する）を内部メモリに記憶する（ステップS1）。そして、直前の処理サイクルにおいて検出され内部メモリに記憶されている1サイクル前の位置検出信号Hu、Hv、Hwの組み合わせ（以下、前パターンと称する）と、ステップS1にて検出された現パターンとを比較する（ステップS2）。こうして前パターンと現パターンとを比較した結果（ステップS3）、位置検出信号Hu、Hv、Hwのパターンに変化があれば、その変化に基づいて、以下のようにして回転子の回転方向を判定する（ステップS4）。

【0039】例えば、位置検出信号Hu、Hv、Hwの現パターンが、図3に示すように、時刻t1において（H、L、H）の組み合わせであったとする。このと

き、制御ユニット50は、このパターンと内部メモリに記憶されている前パターンとを比較して、回転子の回転方向を判定する。すなわち、図2の真理値表の第2列に位置する現パターン（H、L、H）に対して、前パターンが図2の第1列に示す（L、L、H）であれば、位置検出信号Hu、Hv、Hwのパターンは回転子の回転に伴って図2の上列から下列へと移行しているのであるから、このとき回転子は正方向に回転していると判定する。また、前パターンが図2の第3列に示す（H、L、L）であれば、位置検出信号Hu、Hv、Hwのパターンは図2の下列から上列へと移行しているのであるから、このとき回転子は逆方向に回転していると判定する。同様に、現パターンが他の組み合わせであるときも、現パターンと前パターンとを比較することによって回転子の回転方向の判定を行う。そして、それに続いて、制御ユニット50は、後述する内部タイマ（図示せず）をリセットする（ステップS5）。

【0040】一方、上記したステップS3において、位置検出信号Hu、Hv、Hwのパターンに変化がない、すなわち、現パターンと前パターンとが同一のパターンであったとき、制御ユニット50は、以下のようにして回転子が停止しているかどうかの判定を行う。

【0041】まず、以前の処理サイクルにおいて、回転子が停止状態にあると判定したかどうかを確認する（ステップS8）。その結果、すでに回転子が停止状態にあれば、処理ステップはステップS6へ進む。また、停止状態にあるという判定が未だなされていなければ、制御ユニット50は内部タイマをインクリメントする（ステップS9）。

【0042】ところで、この内部タイマは、位置検出信号Hu、Hv、Hwの組み合わせに変化がなければカウントを続ける一方（ステップS9）、変化があったときにはリセットされる（ステップS5）ように構成されている。すなわち、この内部タイマは、位置検出信号Hu、Hv、Hwが変化せず一定の組み合わせを保持している時間を計測している。そして、この組み合わせが後述する所定の時間にわたって変化しなければ、制御ユニット50は、回転子が停止していると判定する。

【0043】こうして、制御ユニット50は、内部タイマによって計測される位置検出信号Hu、Hv、Hwの組み合わせが変化しない時間が、予め設定された停止判定に必要な時間に達したかどうかをチェックする（ステップS10）。そして、所定の時間が経過していれば回転子は停止状態にあると判定し（ステップS11）、処理ステップはステップS6へ進む。一方、ステップS10において、所定の時間が経過していなければ、この時点で回転子が停止していると判定することはできないので、そのままステップS6へ進む。

【0044】このように、制御ユニット50は、ホールセンサ41、42および43から出力される位置検出信

号Hu、Hv、Hwに基づいて、上記した各ステップS1～S11を実行することにより、回転子の回転状態（正回転、逆回転および停止のいずれか）を判定する。

【0045】その後、ステアリングセンサ51からの出力信号に基づいて、運転者によるステアリング操作に伴うモータ40の駆動が必要かどうかを判断する（ステップS6）。そして、モータ40を駆動する必要がなければ処理ステップはステップS1に戻り、上記一連の操作を繰り返し実行する。また、モータ40を駆動する必要がある、後に詳述するモータ駆動処理（ステップS7）を実行した後、ステップS1に戻る。

【0046】ここで、停止判定を行うための上記「所定の時間」は、次のようにして求めることができる。すなわち、位置検出信号Hu、Hv、Hwの変化の時間間隔は回転子の回転速度に反比例するので、回転子の減速に伴ってこの時間間隔は増大するが、やがて回転子は停止して位置検出信号Hu、Hv、Hwは変化しなくなる。つまり、回転子が停止する直前においてこの時間間隔は最大となる。一方、回転子の減速に伴って回転子が停止するまでの時間は短くなり、回転子が停止する直前においてこの時間は最小となる。そこで、ある回転速度で逆回転している回転子において、その回転速度における位置検出信号Hu、Hv、Hwの変化の時間間隔と回転子が停止するまでの時間との合計時間だけ経過すれば、モータ停止と判断することができることとなる。この合計時間の最小値の間、位置検出信号Hu、Hv、Hwの変化を検出しなければ回転子が停止したと判断できるため、この最小値を本発明における基準時間間隔として予め求めておき、この基準時間間隔を停止判定に必要な上記「所定の時間」とする。

【0047】具体的には、モータ40の出力および負荷の特性から求められる回転子の減速特性と、モータ40の構造（回転子の磁極構造およびホールセンサの配置）および回転子の回転速度で決まる位置検出信号の変化の周期とから基準時間間隔を求めることができる。

【0048】なお、この基準時間間隔は、上記のようにモータの特性によって決まるのであるから、特性の異なるモータ毎に異なる値となる。そこで、複数のモータに対して、予め各モータ毎にこの基準時間間隔を導出して制御ユニット50の内部メモリに記憶させておき、使用するモータに応じたこの基準時間間隔を読み出して制御に用いることができる。こうすることによって、特性の異なるモータに対して、同一の制御ユニットを用いて制御を行うことが可能となる。このとき、これらの基準時間間隔を記憶した内部メモリが本発明という格納部に相当することとなる。

【0049】次に、モータ駆動処理（図4におけるステップS7）の動作について、図5を参照して説明する。

【0050】運転者のステアリング操作によってモータ40の駆動が必要となったとき（ステップS6）、まず

回転子がすでに停止状態にあるかどうかを確認する（ステップS71）。ここで、回転子が停止状態にあれば、ステップS73へ進み、モータ40の駆動を許可する。また、回転子が停止状態にない、すなわち、いずれかの方向に回転している状態であれば、その回転方向をチェックする（ステップS72）。そして、その回転方向が逆方向であった場合、制御ユニット50はモータ40の駆動を禁止する（ステップS74）。また、回転方向が正方向であれば、モータ40の駆動を許可する（ステップS73）。

【0051】こうして、モータ40の駆動が許可されると、制御ユニット50は、図2の真理値表に基づいて所定のトランジスタをオンさせる。すなわち、図3に示すように、時刻t1における位置検出信号Hu、Hv、Hwの組み合わせ（H、L、H）に対して、図2および図3に示すように、トランジスタ11およびトランジスタ16がオンとなるオン制御信号（つまり、SG1およびSG6）を出力する。このとき、トランジスタ11およびトランジスタ16がオンとなることで、バッテリー30のプラス側端子からトランジスタ11、U相モータ巻線、W相モータ巻線およびトランジスタ16を経由してバッテリー30のマイナス側端子に戻る導電経路が形成され、この導電経路に沿って流れる電流により正方向へのトルクが発生して、回転子は正方向へ回転する。

【0052】そして、回転子の回転に伴い位置検出信号Hu、Hv、Hwのパターンが順次変化するにつれて、オン制御信号のパターンを図2の真理値表にしたがって順次変化させることで、図3に示すように、三相の各巻線に互いに120°ずつ位相の異なる三相の駆動電流Iu、IvおよびIwが流れ、連続的にトルクが発生して回転子は正方向への回転を続ける。

【0053】一方、ステップS72において、回転子の回転方向が逆方向であった場合、制御ユニット50はモータ40の駆動を禁止し、全てのトランジスタ11～16をオフとするオフ制御信号を出力する。これにより全てのトランジスタがカットオフし、このときモータ40は回生制動状態となる。すなわち、モータ40は発電機として動作しており、その運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、そのエネルギーをフライホイールダイオード21～26を介してバッテリー30に還流することで、急速に回転速度が低下し、やがて停止する。

【0054】このように、運転者のステアリング操作に応じてモータ40を駆動すべきときであっても、そのときの回転子の回転が逆方向であれば、制御ユニット50はインバータ10による駆動電流出力を禁止している。このため、回転子の回転とは反対の回転方向への駆動電流を流すことはなく、従来技術において発生していた永久磁石の減磁を抑制することができる。

【0055】例えば、このときの減磁効果を検証すべく、モータ巻線の誘起電圧の実効値を測定して減磁率を

算出した結果、従来のようにトランジスタ11～16を強制的にオフしない場合の減磁率が3.4%であったのに対し、本実施形態のようにトランジスタ11～16を強制的にオフした場合の減磁率は約1%と測定誤差範囲内まで低減することができた。

【0056】さらに、回転子の永久磁石の磁束密度分布を測定したところ、従来のようにトランジスタ11～16を強制的にオフしない場合の磁束密度は図6に示すようになり、N極とS極との境界付近において減磁の影響を表す分布の乱れが生じているのに対し、本実施形態のようにトランジスタ11～16を強制的にオフした場合の磁束密度は図7に示すようになり、分布に乱れもなく減磁が発生していないことがわかった。

【0057】また、本実施形態では、回転子の停止判定を、位置検出信号Hu、Hv、Hwの変化に基づく必要最少限の時間で行っているため、逆方向に回転している回転子が正方向に反転するまでの時間遅れを少なくすることができる。

【0058】さらに、回転子が停止している、あるいは正方向に回転しているときには直ちにインバータ10が駆動電流を出力するので、運転者のステアリング操作に追従して直ちにアシスト推力を発生させることができる。

【0059】以上、三相の位置検出信号Hu、Hv、Hwの1つの組み合わせについて説明したが、位置検出信号Hu、Hv、Hwの組み合わせが他のパターンであった場合でも同様に、現パターンと前パターンとを比較して回転方向を判定し、その結果に基づいてトランジスタ11～16のオン、オフを行うことで、モータ40を適切に制御することができる。

【0060】ところで、上記の例では、制御ユニット50が設定する回転方向は正方向のみであったが、設定回転方向が逆方向であった場合でも、図2の真理値表およびこれに伴う図3の各信号波形の変化順序が異なるのみで、同様にしてモータ40の回転制御を行うことが可能である。

【0061】また、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したもの以外に種々の変更を行うことが可能である。

【0062】例えば、本実施形態では、インバータ10を構成する各トランジスタ11～16を、位置検出信号Hu、Hv、Hwの組み合わせで決まる単純なオン、オフ信号でスイッチングしており、その結果、各巻線に流れる電流の波形は図3に示すような矩形波となっているが、インバータ10の駆動方法としては、これ以外にも、例えばトランジスタを高周波でスイッチングするPWM駆動を用いてもよい。このとき、トルクの脈動が少なくなり、さらに滑らかな回転を得ることが可能である。

【0063】また、本実施形態では、位置検出部としての3個のホールセンサ41、42および43を40°の角度間隔で配置しているが、この間隔はこれに限定されるものではなく、別の角度間隔であってもよい。さらに、本発明の位置検出部としては、上記したホールセンサ以外にも、例えば、フォトインタラプタを用いた光学的な手段であってもよい。

【0064】また、本実施形態では、モータ40は三相の固定子巻線を有し、回転子はその周縁部に6個の永久磁石を設けた6極永久磁石型回転子であるが、本発明は、巻線の相数および回転子の極数がこれと異なるモータに対しても適用可能である。

【0065】また、本実施形態では、制御ユニット50を例えば内部メモリを有するマイクロプロセッサにて構成し、回転子の回転方向の判定やスイッチング制御信号の出力/停止を全てソフトウェアで行っているが、これ以外にも、本発明をハードウェアで実現することも可能である。例えば、各トランジスタのゲート端子に出力制限回路を設け、回転子の実際の回転方向が逆方向であったときに、この出力制限回路が強制的に各トランジスタの出力をオフする構成としてもよい。

【0066】また、ここでは、本発明のモータ装置を自動車のパワーステアリング装置に適用した場合について説明したが、本発明を適用できる対象はこれに限定されるものではなく、車載用モータ以外にも、少なくとも制御対象となるモータが永久磁石型直流ブラシレスモータであるモータ制御装置に対して、本発明を適用することが可能である。

【0067】

【発明の効果】以上のように、請求項1に記載の発明によれば、制御部は、位置検出信号に基づいて回転子の回転方向を判定しており、そして、設定部により設定された回転方向が実際の回転方向と反対であるとき、モータ駆動部による駆動電流の出力を禁止する。そのため、回転子の回転によって逆起電力が誘起している巻線に対して、同じ方向の電圧をさらに印加することがないので、巻線に過大な電流が流れることによって起こる永久磁石の減磁を防止することができる。

【0068】また、請求項2に記載の発明によれば、回転子の実際の回転方向が設定回転方向と反対であるとき、モータへの駆動電流の供給を停止しているため、モータは次第に減速し、やがて停止する。そして、回転子の停止を判断した後に設定回転方向へのモータの駆動を開始しているため、永久磁石の減磁を防止しつつ、モータの回転方向を確実に反転させることができる。

【0069】また、請求項3に記載の発明によれば、位置検出信号の変化の時間間隔の最大値を予め求めておき、位置検出信号の変化の時間間隔を計測してその値がこの最大値となった時をもって停止と判定している。そのため、回転子の停止を確実に短時間にて判定するこ

とができ、速やかに反転動作に移行することができる。

【0070】また、請求項4に記載の発明によれば、特性の異なる複数のモータについて前記最大時間間隔が導出されてその値が装置内部の格納部に格納されている。そのため、同一の制御装置を用いて特性の異なる複数のモータを制御することができるので、モータ毎に調製した制御装置を用いる必要がなく、装置のコストを低減することができる。

【0071】また、請求項5に記載の発明によれば、回転子が予め停止状態にあれば、制御部が直ちに設定回転方向への駆動制御を行うので、速やかにモータを起動することができる。

【0072】また、請求項6に記載の発明によれば、回転方向が設定された時に回転子が回転していたとしても、その回転方向が設定回転方向と同じであれば制御部が直ちに設定回転方向への駆動制御を行うので、モータの運転制御を遅滞なく、継続して行うことができる。

【0073】また、請求項7に記載の発明によれば、設定部により正、逆いずれかの方向に回転方向が設定されたとき、制御部は回転子の回転状態に応じた処理を適宜実行するので、回転方向を設定する外部操作がモータがどのような回転状態にあるときに行われても、永久磁石の減磁や起動の遅れなどの問題を生じることなく、的確なモータ制御を行うことができる。

【0074】また、請求項8に記載の発明によれば、油圧ポンプおよびそれによって制御される油流という慣性の大きな負荷を持ち、しかも高い耐久性を要求されるパワーステアリング用モータにおいて、永久磁石の減磁に

よる性能劣化を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる一実施形態のモータ制御装置の構成を示す結線図である。

【図2】位置検出信号とスイッチング制御信号との対応を示す真理値表である。

【図3】位置検出信号、スイッチング制御信号および駆動電流の関係を示すタイミングチャートである。

【図4】この実施形態のモータ制御装置の動作を示すフローチャートである。

【図5】モータ駆動処理の動作を示すフローチャートである。

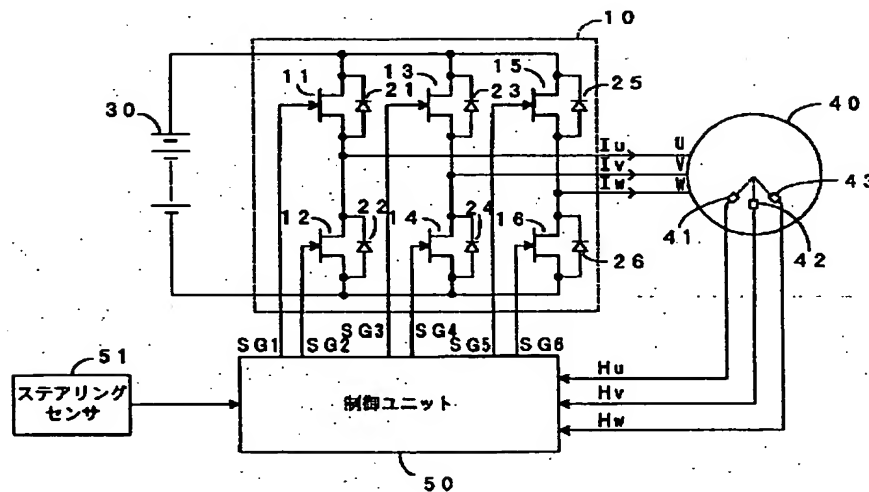
【図6】比較例における永久磁石型回転子の外周部において測定した磁束密度の分布図である。

【図7】本発明の一実施形態における永久磁石型回転子の外周部において測定した磁束密度の分布図である。

【符号の説明】

- 10 インバータ（モータ駆動部）
- 11～16 トランジスタ（スイッチング素子）
- 21～26 フライホイールダイオード
- 30 バッテリ
- 40 直流ブラシレスモータ
- 41、42、43 ホールセンサ（位置検出部）
- 50 制御ユニット（制御部、設定部）
- 51 ステアリングセンサ
- Hu、Hv、Hw 位置検出信号
- SG1～SG6 スwitching制御信号

【図1】

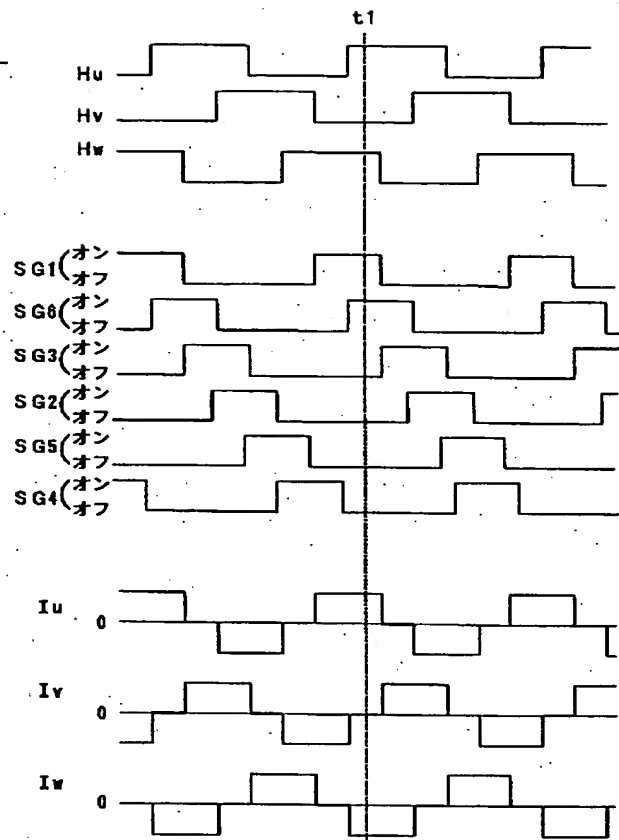


【図2】

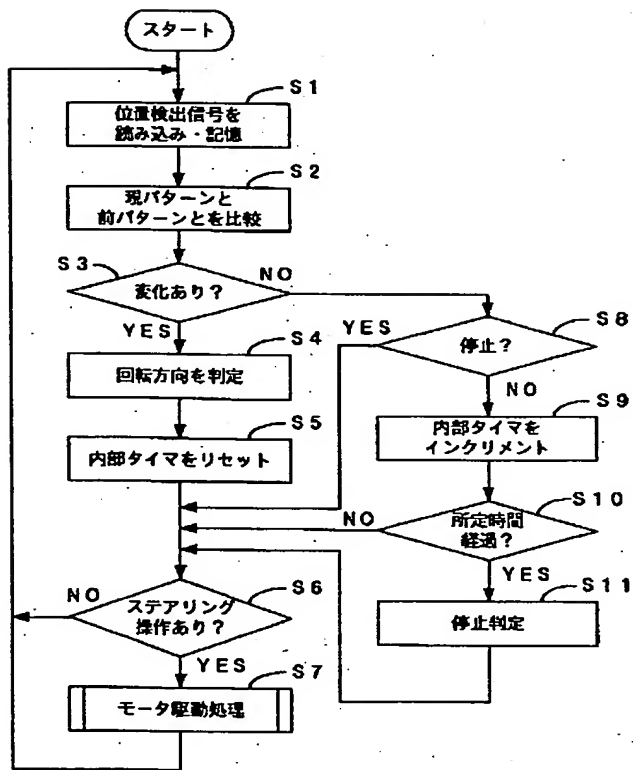
| 位置検出信号 | | | スイッチング制御信号 | | | | | |
|--------|----|----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hu | Hv | Hw | SG1 | SG6 | SG3 | SG2 | SG5 | SG4 |
| L | L | H | O | - | - | - | - | O |
| H | L | H | O | O | - | - | - | - |
| H | L | L | - | O | O | - | - | - |
| H | H | L | - | - | O | O | - | - |
| L | H | L | - | - | - | O | O | - |
| L | H | H | - | - | - | - | O | O |

O: オン - : オフ

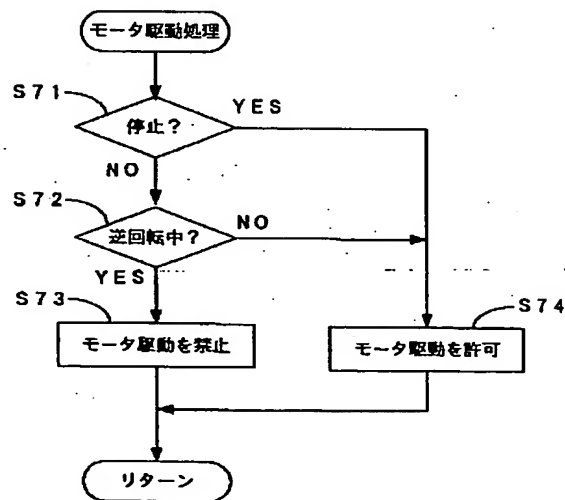
【図3】



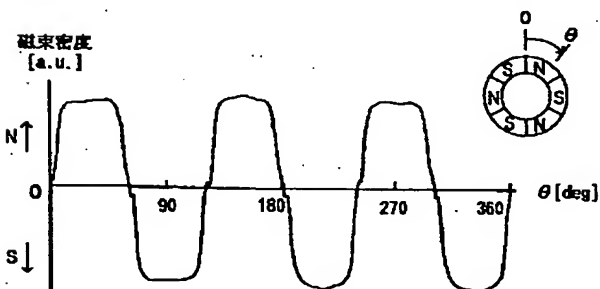
【図4】



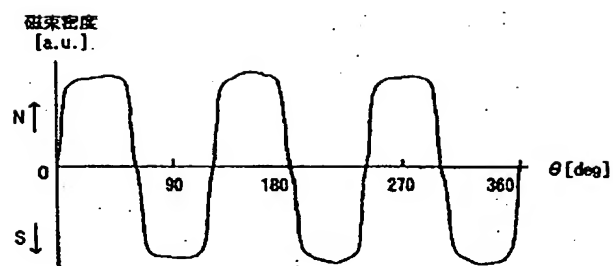
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 原 八十八

滋賀県愛知郡愛知川町中宿248 日本電産
株式会社滋賀技術開発センター内

Fターム(参考) 3D033 CA03 CA17 CA20 CA29

5H560 AA08 BB04 BB12 DA02 DC06

EB01 GG01 HC04 RR10 SS02

TT01 TT02 UA02 XA05 XA11